

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月12日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-067228  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2003-067228]

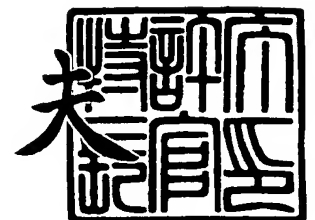
出願人 TDK株式会社  
Applicant(s):

特許庁  
JAPAN  
PATENT  
OFFICE

2004年 1月 6日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2003-3108676

【書類名】 特許願

【整理番号】 99P04790

【提出日】 平成15年 3月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 佐々木 徹郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 大山 信也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 小出 宗司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 太田 憲和

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108213

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 豊隆

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドの製造方法、薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ及びハードディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の比抵抗のヒータ層及び前記ヒータ層上に設けられ前記ヒータ層よりも比抵抗が高いキャップ層を有するヒータ部材を形成するヒータ部材形成工程と、

前記ヒータ部材上に導電性の電極膜を形成する電極膜形成工程と、

前記電極膜の一部の上に、前記電極膜の一部をメッキ電極としてめっき法により導電性のバンプを形成するバンプ形成工程と、

前記バンプをマスクとして前記電極膜の残りを除去する電極膜除去工程と、  
を含む薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2】 前記ヒータ部材形成工程において、前記ヒータ層が表面に露出した露出部を有するように前記ヒータ部材を形成し、

前記電極膜形成工程において、前記電極膜を前記キャップ層と前記ヒータ層の露出部とにわたって形成し、

前記バンプ形成工程において、前記電極膜で前記ヒータ層の露出部と接触している部分の上に、前記バンプを形成する請求項 1 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3】 前記キャップ層の比抵抗は、前記ヒータ層の比抵抗の 4 倍以上である請求項 1 又は 2 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 4】 前記ヒータ層は、Cu, Au, Ni, Co, Ta, W, Mo, Rh 及びこれらの合金の何れかを含む請求項 1～3 の何れか一項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 5】 前記キャップ層は、Ta, Ti, Pt, Ru, Rh, Hf, Cr, Ni, Co, W, Mo, Rh 及びこれらの合金の何れかを含む請求項 1～4 の何れか一項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 6】 前記ヒータ部材形成工程において、前記ヒータ層及び前記キャップ層の少なくとも一方をスパッタリングにより形成する請求項 1～5 の何れ

か一項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 7】 所定形状の通電路を形成する所定の比抵抗のヒータ層と、  
前記ヒータ層の一方の主表面の内の一の部分と対向するように配置され前記ヒータ層と電氣的に接続された導電性の電極膜部材と、  
前記ヒータ層の前記一方の主表面の内の他の部分上に前記通電路の形状に対応して設けられ前記ヒータ層よりも高い比抵抗のキャップ層と、  
前記電極膜部材上にめっきにより設けられた導電性のバンプと、  
を有する薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 前記電極膜部材は、前記ヒータ層の前記一の部分上に積層されている請求項 7 の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 前記キャップ層の比抵抗は、前記ヒータ層の比抵抗の 4 倍以上である請求項 7 又は 8 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 前記ヒータ層は、Cu, Au, Ni, Co, Ta, W, Mo, Rh 及びこれらの合金の何れかを含む請求項 7～9 の何れか一項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 11】 前記キャップ層は、Ta, Ti, Pt, Ru, Rh, Hf, Cr, Ni, Co, W, Mo, Rh 及びこれらの合金の何れかを含む請求項 7～9 の何れか一項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 12】 基台と、前記基台上に形成された薄膜磁気ヘッドと、前記基台を固定するジンバルと、を備え、

前記薄膜磁気ヘッドは、所定形状の通電路を形成する所定の比抵抗のヒータ層と、前記ヒータ層の一方の主表面の一の部分と対向するように配置され前記ヒータ層と電氣的に接続された導電性の電極膜部材と、前記ヒータ層の前記一方の主表面の他の部分上に前記通電路の形状に対応して設けられ前記ヒータ層よりも高い比抵抗のキャップ層と、前記電極膜部材上にめっきにより設けられた導電性のバンプと、を備えるヘッドジンバルアセンブリ。

【請求項 13】 基台と、前記基台上に形成された薄膜磁気ヘッドと、前記薄膜磁気ヘッドと対向する記録媒体と、を備え、

前記薄膜磁気ヘッドは、所定形状の通電路を形成する所定の比抵抗のヒータ層

と、前記ヒータ層の一方の主表面の一部分と対向するように配置され前記ヒータ層と電氣的に接続された導電性の電極膜部材と、前記ヒータ層の前記一方の主表面の他の部分上に前記通電路の形状に対応して設けられ前記ヒータ層よりも高い比抵抗のキャップ層と、前記電極膜部材上にめっきにより設けられた導電性のバンプと、を備えるハードディスク装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、薄膜磁気ヘッドの製造方法、薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ及びハードディスク装置に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

書込用の電磁変換素子や再生用の磁気抵抗効果素子が設けられた薄膜磁気ヘッドは、ハードディスク装置への記録再生時に、記録媒体であるハードディスクから浮上するように構成されている。具体的には、薄膜磁気ヘッドをジンバルに搭載し、該ジンバルを可撓性のサスペンションアームの先端部に取り付けることでヘッドジンバルアセンブリ（HGA）を構成する。そして、ハードディスクの回転に伴う空気流が薄膜磁気ヘッドの下方に流れることでサスペンションアームが撓み、該ヘッドが浮上する。

##### 【0003】

そして、ハードディスクの高密度化に伴い、薄膜磁気ヘッドとハードディスクとの空隙すなわちヘッド浮上量は、20nmから15nm、更には10nmと極限まで小さくなってきている。

##### 【0004】

#### 【特許文献1】

特開平5-20635号公報

##### 【0005】

#### 【発明が解決しようとする課題】

さらなる高密度化のためには、薄膜磁気ヘッドの電磁変換素子や磁気抵抗効果

素子と、記録媒体と、の間の距離を従来よりも微少な状態にすることが求められている。

#### 【0006】

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、薄膜磁気ヘッドの電磁変換素子や磁気抵抗効果素子と、記録媒体と、の間隔をより微少にすることのできる薄膜磁気ヘッドの製造方法、薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ、及びハードディスク装置を提供することを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者らは鋭意検討を進めた結果、通電により発熱するヒータ部材を薄膜磁気ヘッドに設け、ヒータ部材を発熱させて薄膜磁気ヘッドを熱膨張させることにより、磁気抵抗効果素子や電磁変換素子と、これら磁気抵抗効果素子や電磁変換素子と対向する記録媒体と、の距離を低減させることができることを見出した。

#### 【0008】

そして、このようなヒータ部材を備える薄膜磁気ヘッドを製造する場合、ヒータ部材に加えて、ヒータ部材と外部の電源入力端子とを電氣的に接続するためのバンプを形成する必要がある。このとき、ヒータ部材上に電極膜を設け、この電極膜の一部の上にめっきによりバンプを形成した後、バンプをマスクとして電極膜の残りを除去すると、電極膜の直下のヒータ部材が削れてしまいヒータ部材の抵抗がばらつく場合がある。しかしながら、ヒータ部材の構成を、比抵抗の小さいヒータ層及びその上に設けられヒータ層よりも比抵抗の大きなキャップ層を有するものとすることにより、電極膜の除去によるヒータ層の抵抗のバラツキが低減されることを見出して本発明に想到した。

#### 【0009】

本発明に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、所定の比抵抗のヒータ層及び上記ヒータ層上に設けられ上記ヒータ層よりも比抵抗が高いキャップ層を有するヒータ部材を形成するヒータ部材形成工程と、上記ヒータ部材上に導電性の電極膜を形成する電極膜形成工程と、上記電極膜の一部の上に上記電極膜を電極とするめっきにより導電性のバンプを形成するバンプ形成工程と、上記バンプをマスクと

して上記電極膜の残りを除去する電極膜除去工程と、を含む。

#### 【0010】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、薄膜磁気ヘッドにヒータ部材が形成され、薄膜ヘッドの使用時にこのヒータ部材に通電されることによりヒータ部材が発熱し、薄膜磁気ヘッドが熱膨張するので、薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子や電磁変換素子と、記録媒体と、の距離が低減される。

#### 【0011】

また、ヒータ部材は、比抵抗の低いヒータ層と、ヒータ層上に形成されたヒータ層よりも比抵抗の高いキャップ層とを有しており、ヒータ部材上に形成された電極膜を除去する工程ではヒータ層よりも上側のキャップ層の一部が電極膜とともに除去されることとなる。そして、このようなヒータ層とキャップ層とにより構成される並列回路を有するヒータ部材全体の抵抗において、比抵抗の大きなキャップ層の寄与は、比抵抗の小さいヒータ層の寄与に比べて小さい。このため、キャップ層が上記の電極膜の除去の際に削られてキャップ層の厚みが各薄膜磁気ヘッド毎にばらついていても、ヒータ部材全体のシート抵抗値のバラツキは、キャップ層を設けずにヒータ層が削られてヒータ層の厚みがばらつく場合に比して低減される。このため、各薄膜磁気ヘッドにおいてヒータ部材における発熱を好適に制御できる。

#### 【0012】

ここで、上記ヒータ部材形成工程において、上記ヒータ層が表面に露出した露出部を有するように上記ヒータ部材を形成し、上記電極膜形成工程において、上記電極膜を上記キャップ層と上記ヒータ層の露出部とにわたって形成し、上記バンプ形成工程において、上記電極膜で上記ヒータ層の露出部と接触している部分の上に、上記バンプを形成することが好ましい。

#### 【0013】

これによれば、ヒータ層に比して比抵抗の高いキャップ層を介することなくバンプとヒータ層とが電氣的に接続されるので、ヒータに好適に電流を流すことができる。

#### 【0014】



また、上記キャップ層の比抵抗は、上記ヒータ層の比抵抗の 4 倍以上であることが好ましい。

#### 【0 0 1 5】

これによれば、ヒータのシート抵抗のバラツキを 2 % 以下にすることができる。

#### 【0 0 1 6】

また、上記ヒータ層の材料として、Cu, Au, Ni, Co, Ta, W, Mo, Rh 及びこれらの合金を例示できる。

#### 【0 0 1 7】

また、上記キャップ層の材料として、Ta, Ti, Pt, Ru, Rh, Hf, Cr, Ni, Co, W, Mo, Rh 及びこれらの合金を例示できる。

#### 【0 0 1 8】

また、上記ヒータ形成工程において、上記ヒータ層及び上記キャップ層の少なくとも一方をスパッタリングにより形成することが好ましい。

#### 【0 0 1 9】

これによれば、特に比較的薄いヒータを好適に形成できる。

#### 【0 0 2 0】

本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、所定形状の通電路を形成する所定の比抵抗のヒータ層と、上記ヒータ層の一方の主表面の内の一の部分と対向するように配置され上記ヒータ層と電気的に接続された導電性の電極膜部材と、上記ヒータ層の上記一方の主表面の内の他の部分上に上記通電路の形状に沿うように設けられ上記ヒータ層よりも高い比抵抗のキャップ層と、上記電極膜部材上にめっきにより設けられた導電性のバンプと、を備える。

#### 【0 0 2 1】

本発明の薄膜磁気ヘッドによれば、薄膜ヘッドの使用時に、ヒータ層やギャップ層を含むヒータ部材に通電がなされることによりヒータ部材が発熱し、薄膜磁気ヘッドが熱膨張するので、薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子や電磁変換素子と、記録媒体と、の距離が低減される。また、比抵抗の小さなヒータ層と比抵抗の大きなキャップ層とによる並列回路が構成され、ヒータ部材全体の抵抗におい

ては、比抵抗の大きなキャップ層の寄与は、比抵抗の小さいヒータ層の寄与に比べて小さい。このため、バンプをマスクとしてヒータ部材上に形成された電極膜を除去して電極膜部材を形成する製造過程でキャップ層が所定の厚み除去されキャップ層の厚みが各薄膜磁気ヘッド毎にばらついた場合でも、キャップ層を設けないでヒータ層の厚みがばらつく場合に比して、ヒータ部材の抵抗値のバラツキが低減される。

#### 【0022】

上記薄膜磁気ヘッドにおいて、上記電極膜部材は、上記ヒータ層の上記一の部分上に積層されていることが好ましい。

#### 【0023】

これによれば、ヒータ層に比して比抵抗の高いキャップ層等を介することなくバンプとヒータ層とが電氣的に接続されるので、ヒータ層に好適に電流を流すことができる。

#### 【0024】

また、上記キャップ層の比抵抗は、上記ヒータ層の比抵抗の4倍以上であることが好ましい。

#### 【0025】

これによれば、ヒータのシート抵抗のバラツキを2%以下にすることができる。

#### 【0026】

また、上記ヒータ層としては、Cu, Au, Ni, Co, Ta, W, Mo, Rh及びこれらの合金を例示でき、上記キャップ層としては、Ta, Ti, Pt, Ru, Rh, Hf, Cr, Ni, Co, W, Mo, Rh及びこれらの合金を例示できる。

#### 【0027】

本発明に係るヘッドジンバルアセンブリは、基台と、上記基台上に形成された薄膜磁気ヘッドと、上記基台を固定するジンバルと、を備え、上記薄膜磁気ヘッドは、所定形状の通電路を形成する所定の比抵抗のヒータ層と、上記ヒータ層の一方の主表面の一の部分と対向するように配置され上記ヒータ層と電氣的に接続

された導電性の電極膜部材と、上記ヒータ層の上記一方の主表面の他の部分上に上記通電路の形状に沿うように設けられ上記ヒータ層よりも高い比抵抗のキャップ層と、上記電極膜部材上にめっきにより設けられた導電性のバンプと、を備える。

#### 【0028】

本発明に係るハードディスク装置は、基台と、上記基台上に形成された薄膜磁気ヘッドと、上記薄膜磁気ヘッドと対向する記録媒体と、を備え、上記薄膜磁気ヘッドは、所定形状の通電路を形成する所定の比抵抗のヒータ層と、上記ヒータ層の一方の主表面の一の部分と対向するように配置され上記ヒータ層と電氣的に接続された導電性の電極膜部材と、上記ヒータ層の上記一方の主表面の他の部分上に上記通電路の形状に沿うように設けられ上記ヒータ層よりも高い比抵抗のキャップ層と、上記電極膜部材上にめっきにより設けられた導電性のバンプと、を備える。

#### 【0029】

このような、ヘッドジンバルアセンブリやハードディスク装置は、上述の薄膜磁気ヘッドを備えることにより、同様に薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子や電磁変換素子と、記録媒体と、の距離が低減され、また、ヒータの抵抗値のバラツキが低減される。

#### 【0030】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において、同一または相当要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

#### 【0031】

図1は、本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドを備えたハードディスク装置を示す図である。ハードディスク装置1は、ヘッドジンバルアセンブリ（HGA：Head Gimbals Assembly）15を作動させて、高速回転するハードディスク（記録媒体）2の記録面（図1の上面）に、薄膜磁気ヘッド10によって磁気情報を記録及び再生するものである。ヘッドジンバルアセンブリ15は、薄膜磁気ヘッド1

0が形成されたヘッドスライダ11を搭載したジンバル12と、これが接続されたサスペンションアーム13とを備え、支軸14周りに例えばボイスコイルモータによって回転可能となっている。ヘッドジンバルアセンブリ15を回転させると、ヘッドスライダ11は、ハードディスク2の半径方向、すなわちトラックラインを横切る方向に移動する。

### 【0032】

図2は、ヘッドスライダ11の拡大斜視図である。ヘッドスライダ11は、略直方体形状をなし、アルティック ( $Al_2O_3 \cdot TiC$ ) を主とする基台11a上に、薄膜磁気ヘッド10が形成されている。同図における手前側の面は、ハードディスク2の記録面に対向する記録媒体対向面であり、エアベアリング面 (ABS: Air Bearing Surface) Sと称される。ハードディスク2が回転する際、この回転に伴う空気流によってヘッドスライダ11が浮上し、エアベアリング面Sはハードディスク2の記録面から離隔する。薄膜磁気ヘッド10には、薄膜磁気ヘッド10を保護するために、図中破線で示したオーバーコート層21 (詳しくは後述) が設けられている。オーバーコート層21上には、記録用パッド18a、18b、再生用パッド19a、19b、及び、後述するヒータ用パッド86a、86bが取り付けられており、図1に示したサスペンションアーム13には、各パッドに接続される、電気信号の入出力用の配線 (図示省略) が取付けられている。尚、エアベアリング面Sに、DLC (Diamond Like Carbon) 等のコーティングを施してもよい。

### 【0033】

図3は、薄膜磁気ヘッド10におけるエアベアリング面Sに対して垂直かつトラックラインに垂直な方向の断面図である。図4は、薄膜磁気ヘッド10におけるヒータ部材の平面図であり、図中下側に、エアベアリング面Sが位置する。図5は、薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面Sに平行な断面図であり、図3及び図4のV-V破断線に対応する図である。薄膜磁気ヘッド10は、基台11a上に形成されており、図3に示すように、基台11a側から順に、磁気抵抗効果素子としてGMR (Giant Magneto Resistive) 素子40を有する再生ヘッド部30と、誘導型の電磁変換素子としての記録ヘッド部60と、記録ヘッド部60上に

設けられたオーバーコート層 21 と、を主として有する複合型薄膜磁気ヘッドとなっている。

#### 【0034】

基台 11a は、アルティック ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ ) 等からなるウエハ状の基板である。そして、この基台 11a 上には、アルミナ等の絶縁材料からなるアンダーコート層 113 が厚さ約  $1\mu\text{m}$  ～ 約  $10\mu\text{m}$  で形成されている。

#### 【0035】

再生ヘッド部 30 は、アンダーコート層 113 上に設けられており、アンダーコート層 113 側から順に、下部シールド層 32、GMR 素子 40 を含みこの GMR 素子 40 を上下から挟む絶縁層 36、及び、上部シールド層 38、が積層されることにより構成されている。GMR 素子 40 は、磁気抵抗変化率が高い巨大磁気抵抗効果を利用したものであり、多層構造 (図示は省略) を有して ABS 面側に露出している。下部シールド層 32 及び上部シールド層 38 は、不要な外部磁界を GMR 素子 40 が感知するのを防止する機能を有し、磁性材料を含む。下部シールド層 32 の厚さは約  $1\mu\text{m}$  ～ 約  $3\mu\text{m}$  程度で、上部シールド層の厚さは厚さ約  $1\mu\text{m}$  ～ 約  $4\mu\text{m}$  程度である。また、絶縁層 36 の厚みは、約  $0.05\mu\text{m}$  ～  $1.0\mu\text{m}$  程度である。尚、本明細書において、シールド層のように「上部」及び「下部」という語を用いる場合があるが、「下部」とは基台 11a に近い側であることを意味し、「上部」とは基台 11a から遠い側であることを意味する。

#### 【0036】

記録ヘッド部 60 は、再生ヘッド部 30 上に絶縁層 39 を介して形成され、長手記録方式の誘導型磁気変換素子である。尚、絶縁層 39 としては厚さ約  $0.1\mu\text{m}$  ～ 約  $2.0\mu\text{m}$  程度のアルミナ等を利用できるが、必ずしも設ける必要はない。そして、記録ヘッド部 60 は、絶縁層 39 側から順に、軟磁性材料からなる下部磁極 61、非磁性の絶縁材料からなるギャップ層 63 を有している。また、ギャップ層 63 上には、ABS 面側に磁極部分層 64a が、ABS 面から離れた側に上下 2 段の薄膜コイル 70 を含む絶縁層 72 が積層されている。さらに、磁極部分層 64a 上及び絶縁層 72 上には、薄膜コイル 70 の一部を下部磁極 61

との間に挟むと共に、エアベアリング面 S から離れた側で下部磁極 61 と磁氣的に連結するヨーク部分層 64b を有している。そして、下部磁極 61、ギャップ層 63、薄膜コイル 70、絶縁層 72、上部磁極 64 が記録ヘッド部 60 を構成している。

#### 【0037】

下部磁極 61 は、パーマロイ (NiFe) 等の磁性材料であり、例えば、厚さ約  $1\mu\text{m}$  ～ 約  $3\mu\text{m}$  程度で形成される。

#### 【0038】

ギャップ層 63 は、アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 等の非磁性絶縁体あるいは非磁性導電体と非磁性絶縁体との組合せであり、例えば、厚さ約  $0.05\mu\text{m}$  ～ 約  $0.5\mu\text{m}$  程度に形成される。

#### 【0039】

磁極部分層 64a は、ヨーク部分層 64b とともに上部磁極 64 を構成するものであり、例えばパーマロイ (NiFe) の他、(1)鉄及び窒素原子を含む材料、(2)鉄、ジルコニア、及び酸素原子を含む材料、並びに、(3)鉄及びニッケル元素を含む材料等で形成することができる。磁極部分層 64a の厚みは、例えば約  $0.5\mu\text{m}$  ～ 約  $3.5\mu\text{m}$  程度であり、好ましくは  $1.0\mu\text{m}$  ～  $2.0\mu\text{m}$  である。

#### 【0040】

ヨーク部分層 64b の材質は磁極部分層 64a と同様であり、例えば、厚さ約  $1\mu\text{m}$  ～ 約  $5\mu\text{m}$  程度である。

#### 【0041】

また、薄膜コイル 70 は、Cu 等の導体で、例えば、各厚みは約  $1\mu\text{m}$  ～ 約  $3\mu\text{m}$  程度である。

#### 【0042】

また、絶縁層 72 は、アルミナやレジスト等の絶縁体で、例えば、厚さ約  $0.1\mu\text{m}$  ～ 約  $3\mu\text{m}$  程度である。

#### 【0043】

そして、薄膜コイル 70 に記録電流を流すと、磁極部分層 64a と下部磁極 6

1 との間に磁束が発生し、ハードディスク等の記録媒体 2 に情報を記録することができる。

#### 【0044】

オーバーコート層 21 は、薄膜磁気ヘッド 10 の記録ヘッド部 60 を保護するためのアルミナ等の絶縁材料からなる層であり、記録ヘッド部 60 上に厚さ約 50  $\mu\text{m}$  ～ 約 30  $\mu\text{m}$  で設けられている。また、オーバーコート層 21 において、ABS 面と、基台 11a から一番遠い上面と、によって形成される稜部には、切欠部 100 が形成されている。

#### 【0045】

そして、特に、本実施形態では、図 3 ～ 図 5 に示すように、このオーバーコート層 21 中に、ヒータ部材 80 が設けられている。このヒータ部材 80 は、ABS 面 S から所定距離離間されて、オーバーコート層 21 内に上部シールド層 38 等と平行に形成されている。

#### 【0046】

ヒータ部材 80 は、図 4 に示すように、一本のラインを層内で蛇行させた発熱部 81 と、この発熱部 81 の両端に各々接続された引出電極 85a, 85b とを有し、所定の長さの通電路を形成している。

#### 【0047】

より具体的には、発熱部 81 は、所定の始点 180 から折返点 181 まで矩形波状に蛇行するように形成された上り部 186 と、折返点 181 から始点 180 の近傍の終点 182 まで上り部 186 に沿って蛇行しながら戻るように形成された下り部 187 と、始点 180 と引出電極 85b とを接続する接続部 170 と、終点 182 と引出電極 85a とを接続する接続部 172 とを有している。また、互いに沿うように形成された上り部 186 と下り部 187 との間隔 190 は、互いに面する上り部 186 同士の間隔 192 や、互いに面する下り部 187 同士の間隔 193 よりも狭くされている。

#### 【0048】

また、このヒータ部材 80 の発熱部 81 は、図 3 及び図 5 に示すように、上下に 2 層構造を有しており、所定の比抵抗の材料からなるヒータ層 80a と、ヒ-

タ層 80 a の直上に積層されヒータ層 80 a よりも比抵抗の大きな材料からなるキャップ層 80 b と、を備えている。図 3～図 5 により明らかなように、ヒータ層 80 a とキャップ層 80 b とは、基台 11 a に垂直な方向からみたときにほぼ同様の形状をしており、キャップ層 80 b は、所定の形状を呈するヒータ層 80 a に対応した形状となっている。

#### 【0049】

ヒータ層 80 a の厚みは、例えば、100～200 nm 程度であり、また、キャップ層 80 b の厚みは、例えば、10～20 nm 程度である。

#### 【0050】

また、ヒータ層 80 a の材質としては、Cu, Au, Ni, Co, Ta, W, Mo, Rh 及びこれらの合金の何れかを含むことが好ましい。

#### 【0051】

また、キャップ層 80 b の材質としては、Ta, Ti, Pt, Ru, Rh, Hf, Cr, Ni, Co, W, Mo, Rh 及びこれらの合金の何れかを含むことが好ましい。

#### 【0052】

また、キャップ層 80 b の材料の比抵抗は、ヒータ層 80 a の材料の比抵抗の 4 倍以上であることが好ましく、これによれば、詳しく後述するように各薄膜磁気ヘッドのヒータ部材 80 の抵抗のバラツキを 2 % 以下にすることができる。

#### 【0053】

ヒータ部材 80 の引出電極（ヒータ層の露出部に対応）85 a、85 b は、発熱部 81 のヒータ層 80 a と同じ材質である。引出電極 85 a、85 b 上には、図 3 及び図 5 に示すように、各々導電性の電極膜部材 87 a、87 b が形成されている。電極膜部材 87 a、87 b 上には、この電極膜部材 87 a、87 b を電極として電解メッキにより形成された、上方に伸びるバンプ 84 a、84 b が各々設けられている。電極膜部材 87 a、87 b 及びバンプ 84 a、84 b は、Cu 等の導電材料からなり、電極膜部材 87 a、87 b の厚みは、10～200 nm 程度、バンプ 84 a、84 b の厚みは、10～30  $\mu$ m 程度である。

#### 【0054】



バンプ 84 a, 84 b の上端はオーバーコート層 21 から露出しており、この露出面にはそれぞれヒータ用パッド 86 a, 86 b が各々取り付けられている。ヒータ用パッド 86 a, 86 b を介してヒータ部材 80 に電流が供給されることとなる。なお、同様にして、記録ヘッド部 60 は記録用パッド 18 a, 18 b (図 2 参照) と、再生ヘッド部 30 の磁気抵抗効果素子 40 は再生用パッド 19 a, 19 b と、各々接続されているが、図 3 及び図 5 においては簡単のため図示を省略している。

#### 【0055】

次に、このような構成の薄膜磁気ヘッド 10、ヘッドジンバルアセンブリ 15、及びハードディスク装置 1 の作用を説明する。図 6 に示すように、ハードディスク 2 が図中矢印方向に回転すると、空気流によって薄膜磁気ヘッド 10 は浮上し、記録ヘッド部 60 の上部磁極 64 側がハードディスク 2 に近づくようにうつむく姿勢（前傾姿勢）となる。この際、ヒータ部材 80 に通電すると、当該ヒータ部材 80 から発生する熱によって薄膜磁気ヘッド 10 におけるヒータ部材 80 の周囲が熱膨張し、薄膜磁気ヘッド 10 及び基台 11 a の ABS 面 S が、記録媒体 2 側に向かって二点鎖線で示すように突出する。これにより、GMR 素子 40 や記録ヘッド部 60 とハードディスク 2 との間隔が低減され、高い再生出力が得られると共に、より高密度の書込等を行うことができる。ここで、ヒータ部材 80 への通電量を制御することにより、突出量を調節でき、記録ヘッド部 60 や GMR 素子 40 と記録媒体 2 との間の距離を制御できる。

#### 【0056】

また、本実施形態によれば、ヒータ部材 80 の発熱部 81 は、比抵抗の小さなヒータ層 80 a と比抵抗の大きなキャップ層 80 b とが積層された並列回路を構成している。そして、このような薄膜磁気ヘッドを製造する過程（詳しくは後述）では、ヒータ部材 80 の上層であるキャップ層 80 b が所定の厚み削られるためキャップ層 80 b の厚みが薄膜磁気ヘッド毎にばらつく場合がある。ところが、本実施形態に係る薄膜磁気ヘッド 10 では、ヒータ部材 80 の発熱部 81 全体の抵抗において、比抵抗の大きなキャップ層 80 b の寄与は、比抵抗の小さいヒータ層 80 a の寄与に比べて小さい。このため、各薄膜磁気ヘッド 10 において

キャップ層 80b の厚みがばらついたとしても、このようなキャップ層 80b を設けずにヒータ層 80a の厚みがばらつく場合に比べて、ヒータ部材 80 の抵抗のバラツキが低減される。

#### 【0057】

また、ヒータ部材 80 が、オーバーコート層 21 中に設けられているので、GMR 素子 40 や記録ヘッド部 60 より下の部分、あるいは、GMR 素子 40 や記録ヘッド部 60 と同一の高さの部分にヒータを設けるのに比して構造が簡素化されて薄膜磁気ヘッドの製造が容易となる。

#### 【0058】

また、ヒータ部材 80 が、オーバーコート層 21 中に設けられると共に、記録ヘッド部 60 が、オーバーコート層 21 と GMR 素子 40 との間に設けられているので、GMR 素子 40 とヒータ部材 80 との間隔は、記録ヘッド部 60 とヒータ部材 80 との間隔よりも広くなっている。このため、特に発熱による影響を比較的受けやすい GMR 素子 40 が高温による悪影響を受けにくくされ、信頼性を向上できる。

#### 【0059】

また、薄膜磁気ヘッド 10 のオーバーコート層 21 には切欠部 100 が形成されているので、薄膜磁気ヘッド 10 の ABS 面 S が熱膨張によりハードディスク 2 に突出しても、記録媒体 2 と接触しにくくなっている。なお、この切欠部 100 の形状は、本実施形態のような 1 段の逆 L 字状のものに限られず、多段の切欠としてもよいし傾斜面を有する切欠等としてもよい。

#### 【0060】

さらに、ヒータ部材 80 においては、図 4 に示すように、上り部 186 と下り部 187 とが互いに寄り添うようにして蛇行しているので、アンペールの右ねじの法則から分かるように、始点 180 及び終点 182 と、折返点 181 との間において上り部 186 と下り部 187 とから発生する磁界が、互いにうち消し合う。このため、磁界の漏洩が少なくなつて記録ヘッド部 60 や磁気抵抗効果素子 40 に悪影響を及ぼしにくくなる。また、間隔 190 が間隔 193 や間隔 192 よりも狭くされているので、互いに近接するように設けられた上り部 186 と下り

部 187 とが、この上り部 186 と下り部 186 とから遠く離れた他の上り部 186 と下り部 187 とから磁界の影響を受けにくくされ、通電により発生する磁界がより好適にキャンセルされる。このため、特に、ヒータ部材 80 の最外側で互いに沿うように配置される下り部 186 A や上り部 187 A からの磁界の漏洩が少なくされる。

#### 【0061】

以上説明したように、本実施形態によれば、ハードディスク 2 との距離を低減でき、さらなる高密度化が可能な薄膜磁気ヘッド 10、ヘッドジンバルアセンブリ 15 及びハードディスク装置 1 が提供される。

#### 【0062】

次に、本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を図 7～図 11 を参照して説明する。ここで、図 7 は、薄膜磁気ヘッドにおけるエアベアリング面 S に対して垂直かつトラックラインに垂直な方向の断面図であり、図 8 は、図 7 の状態での薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面 S に平行な断面図であり V I I I - V I I I 破断線に対応する図である。尚、公知の製造過程については、説明を簡略化する。

#### 【0063】

まず、図 7 及び図 8 に示すように、アルティック ( $Al_2O_3 \cdot TiC$ ) 等からなる基板である基台 11a に、スパッタリング法によって、例えばアルミナ ( $Al_2O_3$ ) 等の絶縁材料からなるアンダーコート層 113 を形成する。

#### 【0064】

次に、アンダーコート層 113 の上に、例えばめっき法によって、パーマロイ等の磁性材料からなる下部シールド層 32 を形成する。さらに、下部シールド層 32 上に、公知の手法によって GMR 素子 40 と、これを上下左右から挟む  $Al_2O_3$  等の絶縁層 36 を形成する。GMR 素子 40 は、実際は複数の膜から構成されるが、図においては単層で示している。また、この GMR 素子 40 は、ABS 面側に形成される。続いて、絶縁層 36 上に、例えばめっき法によって上部シールド層 38 を形成する。以上により、再生ヘッド部 30 が得られる。

#### 【0065】

次に、上部シールド層 38 上に、例えばスパッタリング法によって、 $Al_2O_3$  等の絶縁材料からなる絶縁層 39 を形成する。

#### 【0066】

次いで、絶縁層 39 上に、パーマロイからなる下部磁極 61 を例えばスパッタリング法で形成する。次に、下部磁極 61 上に例えばスパッタリング法で非磁性絶縁体あるいは非磁性導電体と非磁性絶縁体とを組み合わせたものからなるギャップ層 63 を形成する。さらに、ギャップ層 63 上に、フォトリソグラフィやドライエッチング等を用いた公知の方法で、2 段の薄膜コイル 70 を有する絶縁層 72 と、上部磁極 64 の磁極部分層 64a と、上部磁極 64 のヨーク部分層 64b と、を形成する。ここで、薄膜コイル 70 の一部が、下部磁極 61 と上部磁極 64 との間に挟まれるようにこれらを形成する。本実施形態では 2 段の薄膜コイル 70 を形成するが、段数はこれに限られず、また、ヘリカルコイルのようなものを形成してもよい。これにより、記録ヘッド部 60 が完成する。

#### 【0067】

次に、記録ヘッド部 60 を覆うように、非磁性のオーバーコート下層 21a を形成する。そして、オーバーコート下層 21a 上に、スパッタリングによって導電性材料からなるヒータ材料層 110 を形成する。ヒータ材料層 110 の導電性材料としては、Cu, Au, Ni, Co, Ta, W, Mo, Rh 及びこれらの合金の何れかを含むことが好ましい。ヒータ材料層 110 の導電性材料の具体例としては、Cu, Au, Mo, Rh の各単体、NiFe 合金、CoFe 合金等があげられる。

#### 【0068】

さらに、ヒータ材料層 110 のうち、ヒータ部材 80 の発熱部 81 が形成されるべき部分（図 8 の B）に、ヒータ材料層 110 よりも比抵抗の高い材料からなるキャップ材料層 112 を積層する。これにより、ヒータ材料層 110 で引出電極 85a、85b が形成されるべき部分（図 8 の A）には、キャップ材料層 112 が積層されず、ヒータ材料層 110 の露出部が形成されることとなる。

#### 【0069】

キャップ材料層 112 の材料は、ヒータ材料層 110 よりも比抵抗が大きけれ

ば特に限定されない。キャップ材料層 112 としては、Ta, Ti, Pt, Ru, Rh, Hf, Cr, Ni, Co, W, Mo, Rh 及びこれらの合金の何れかを  
含む導電性材料や、アルミナ等の絶縁材料が好ましい。キャップ材料層 112 の  
導電性材料としては、具体的には、例えば、Ti, Ta の各単体、NiFeNb  
, AuCu, AuNi 等の合金等が挙げられる。

#### 【0070】

次に、イオンミリング等により、ヒータ材料層 110 の露出部の一部をオーバ  
ーコート下層 21a の上面まで除去することにより、図 9 に示すような、引出電  
極（ヒータ層の露出部に対応）85a, 85b を形成する。また、これと同時に  
、イオンミリング等により、ヒータ材料層 110 とキャップ材料層 112 との積  
層部分の一部をオーバーコート下層 21a の上面まで除去して、図 9 に示すよう  
な、蛇行する発熱部 81 を形成する。これによって、ヒータ部材 80 が形成され  
る。ここで、ヒータ部材 80 の発熱部 81 は、ヒータ層 80a 及びキャップ層 8  
0b を有することとなる。

#### 【0071】

次に、図 10 に示すように、ヒータ部材 80 の発熱部 81、ヒータ部材 80 の  
引出電極 85a、85b、及び、オーバーコート下層 21a で表面に露出する部  
分に、Cu 等の導電材料からなるめっき用の電極膜 120 を所定の厚み、例えば  
、10nm～200nm、でスパッタリング等により形成する。

#### 【0072】

次に、電極膜 120 で引出電極 85a, 85b に各々接触する部分の上に、電  
極膜 120 を電極としてめっき法によって上方に伸びるバンプ 84a, 84b を  
各々形成する。

#### 【0073】

次に、図 11 に示すように、バンプ 84a, 84b をマスクとして、表面に露  
出する電極膜 120 を、ミリング等により除去する。この時、引出電極 85a、  
85b 間等での短絡がおきないようにすべく表面に露出する電極膜 120 を完全  
に除去するため、電極膜 120 の直下のキャップ層 80b も所定の厚み除去され  
て、キャップ層 80b の厚みが薄くなる。また、このとき、バンプ 84a, 84

bの下に電極膜120は除去されずに残存し、電極膜部材87a、87bとなる。ここでは、特に、キャップ層80bが残存するように電極膜120の除去の条件を設定することが重要である。

#### 【0074】

その後、スパッタ法等によって、 $Al_2O_3$ 等の絶縁材料を上層として積層し、例えば、ポリッシング法によってバンプ84a、84bが上面に露出する所望の高さまで絶縁材料をけずり、オーバーコート上層21bとする。その後、バンプ84a、84bの上端部の露出部分にヒータ用パッド86a、86bを配設する。ここで、オーバーコート下層21a及びオーバーコート上層21bがオーバーコート層21に対応する。なお、図示は省略するが、このとき、図示しない記録用パッドや再生用パッドも形成する。さらに、図示は省略するが、オーバーコート層21の稜を切削して、切欠部100を形成する。

#### 【0075】

以上により、図3～図5に示した、本実施形態に係る薄膜磁気ヘッド10が完成する。

#### 【0076】

本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、薄膜磁気ヘッド10にヒータ部材80が好適に形成される。このような薄膜磁気ヘッド10は、使用時にヒータ部材80に通電されることにより上述のようにヒータ部材80が発熱し、薄膜磁気ヘッド10が熱膨張するので、薄膜磁気ヘッド10のGMR素子40や記録ヘッド部60と、記録媒体2と、の距離が低減される。

#### 【0077】

また、ヒータ部材80を形成する際に、比抵抗の小さいヒータ層80aと比抵抗の大きいキャップ層80bとが積層された発熱部81を形成するので、電極膜120の除去時にはヒータ部材80の発熱部81の内の比抵抗の高いキャップ層80bの一部が電極膜120とともに除去されることとなる。そして、ヒータ部材80の発熱部81の全体のシート抵抗において、比抵抗の大きなキャップ層80bの寄与は、比抵抗の小さいヒータ層80aの寄与に比べて小さいので、電極膜120の除去の際に、キャップ層80bが削られてその厚みが各薄膜磁気ヘッ

ドで変動しても、ヒータ部材 80 の発熱部 81 全体の抵抗値のバラツキが低減される。このため、使用時にヒータ部材 80 における発熱を好適に制御できる。

#### 【0078】

また、本実施形態に係る薄膜磁気ヘッド 10 は、比較的複雑な再生ヘッド部 30 及び記録ヘッド部 60 の形成工程の後に行われる、比較的簡単なオーバーコート層 21 を形成する工程においてヒータ部材 80 を形成している。このため、再生ヘッド部 30 や記録ヘッド部 60 より下の部分、あるいは、記録ヘッド部 60 や再生ヘッド部 30 と同一の高さの部分にヒータ部材 80 を設けるのに比して、低コストでの製造が可能となる。

#### 【0079】

また、ヒータ材料層 110 やキャップ材料層 112 をスパッタリングで形成しているので、これらの層の膜厚のバラツキを低減でき、薄膜磁気ヘッド 10 毎のヒータ部材 80 の抵抗値のバラツキを低減できる。

#### 【0080】

続いて、イオンミリング等によって基台 11a にスライダレールを形成することにより、図 2 に示したヘッドスライダ 11 が得られ、このヘッドスライダ 11 をジンバル 12 に搭載した後、サスペンションアーム 13 に接続することにより図 1 に示したヘッドジンバルアセンブリ 15 が完成する。また、ヘッドジンバルアセンブリ 15 を作製した後、ヘッドスライダ 11 がハードディスク 2 上を移動可能で、且つ、磁気信号の記録及び再生が可能となるように組み立てることにより、図 1 に示したハードディスク装置 1 が完成する。

#### 【0081】

ここで、本実施形態によって、ヒータ部材 80 のシート抵抗のバラツキが低減できることを実施例及び比較例によって具体的に示す。以下の実施例及び比較例では、ヒータ部材 80 の発熱部 81 に着目し、発熱部 81 自体のバラツキがどの程度低減されるかを計算により求めたものである。

#### 【0082】

比較例 1 は、発熱部 81 のヒータ層 80a として Ni 80 wt %、Fe 20 wt % の NiFe (比抵抗  $23 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) を用い、キャップ層 80b を設けなか

った場合である。この場合、ヒータ層 80a 上に積層された電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるヒータ層 80a の厚みが 10 nm ばらつき、ヒータ層 80a の厚みが 150 nm になったものとヒータ層 80a の厚みが 140 nm である発熱部 81 が得られたとする。このとき、各々の発熱部 81 のシート抵抗は 1.533  $\Omega$  と、1.643  $\Omega$  と、になり、シート抵抗のバラツキは 7.2% となる。ここで、シート抵抗  $SR1$  とシート抵抗  $SR2$  ( $SR2 > SR1$ ) とが得られた場合にシート抵抗のバラツキは、 $(SR2 - SR1) / (SR1)$  と定義される。

### 【0083】

一方、実施例 1 は、比較例 1 と同じヒータ層 80a を 150 nm 設けるのに加えて、キャップ層 80b として、Ni 80 wt%、Fe 20 wt% の NiFe に Nb を 5 wt% 添加した NiFeNb (比抵抗 45  $\mu\Omega \cdot cm$ ) を設け、電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるキャップ層 80b の厚みが 10 nm ばらつき、キャップ層 80b の厚みが 20 nm であるものと 10 nm であるものとが得られた場合である。このとき、各々の発熱部 81 のシート抵抗は 1.436  $\Omega$  と、1.483  $\Omega$  と、となり、シート抵抗のバラツキは 3.3% となり、バラツキは比較例 1 に比べて大きく低減される。

### 【0084】

また、実施例 2～6 は、キャップ層 80b の材料として、各々、Ni 80 wt%、Fe 20 wt% の NiFe に Nb を 10 wt% 添加した NiFeNb (比抵抗 70  $\mu\Omega \cdot cm$ )、Ni 80 wt%、Fe 20 wt% の NiFe に Nb を 14 wt% 添加した NiFeNb (比抵抗 90  $\mu\Omega \cdot cm$ 、ヒータ層の比抵抗の 3.9 倍に対応)、Ni 80 wt%、Fe 20 wt% の NiFe に Nb を 20 wt% 添加した NiFeNb (比抵抗 120  $\mu\Omega \cdot cm$ 、ヒータ層の比抵抗の 5.2 倍に対応)、Ti (比抵抗 180  $\mu\Omega \cdot cm$ )、及び、Ta (比抵抗 180  $\mu\Omega \cdot cm$ ) を用いた以外は実施例 1 と同様であるとした場合であり、ヒータのシート抵抗のバラツキは、順に、2.1、1.6、1.3、0.8、0.8% となった。これらの結果を図 12 に示す。このように、キャップ層の比抵抗がヒータ層の比抵抗より大きくなるに従い、バラツキが小さくなることが分かる。



## 【0085】

次に、比較例 2 は、発熱部 81 のヒータ層 80a として Cu (比抵抗  $3\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ) を用い、キャップ層 80b を設けず、電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるヒータ層 80a の厚みが  $10\text{nm}$  ばらつき、ヒータ層 80a の厚みが  $120\text{nm}$  になったものとヒータ層 80a の厚みが  $110\text{nm}$  であるものが得られた場合である。このとき、シート抵抗のバラツキは  $9.2\%$  となる。

## 【0086】

これに対し、実施例 7 は、比較例 2 と同じヒータ層 80a を  $120\text{nm}$  設けるのに加えて、キャップ層 80b として、Cu 5at% の AuCu (比抵抗  $7.5\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ) を設け、電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるキャップ層 80b の厚みが  $10\text{nm}$  ばらつき、キャップ層の 80b の厚みが  $20\text{nm}$  であるものと  $10\text{nm}$  であるものが得られた場合である。また、実施例 8～12 では、キャップ層 80b の材料として、各々、Ni 5at% の AuNi (比抵抗  $10.5\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )、Ni 7at% の AuNi (比抵抗  $12\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、ヒータ層の比抵抗の 4 倍に対応)、Ni 10at% の AuNi (比抵抗  $15\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )、NiFe (比抵抗  $23\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )、及び、CoFe (比抵抗  $20\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ) を設けた以外は実施例 7 と同様とした場合である。実施例 7～12 におけるヒータのシート抵抗のバラツキは、順に、 $3.9$ 、 $2.5$ 、 $2.0$ 、 $1.7$ 、 $0.8$ 、 $1.2\%$  となった。これらの結果を図 13 に示す。

## 【0087】

次に、比較例 3 は、発熱部 81 のヒータ層 80a として  $120\text{nm}$  の Au (比抵抗  $3.5\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ) を設け、キャップ層 80b を設けず、電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるヒータ層 80a の厚みが  $10\text{nm}$  ばらつき、ヒータ層 80a の厚みが  $120\text{nm}$  になったものとヒータ層 80a の厚みが  $110\text{nm}$  であるものが得られた場合である。このとき、シート抵抗のバラツキは  $8.9\%$  となる。

## 【0088】

これに対し、実施例 13 は、比較例 3 と同じヒータ層 80a を  $120\text{nm}$  設け

るのに加えて、キャップ層 80b として、Cu 5 at % の AuCu (比抵抗  $7.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) を設け、電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるヒータ層 80a の厚みが 10 nm ばらつき、キャップ層の 80b の厚みが 20 nm であるものと 10 nm であるものとが得られた場合である。また、実施例 14~18 は、キャップ層 80b の材料として、各々、Cu 10 at % の AuCu (比抵抗  $10 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ )、Cu 20 at % の AuCu (比抵抗  $14 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、ヒータ層の比抵抗の 4 倍に対応)、Ni 15 at % の AuNi (比抵抗  $20 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ )、Ti (比抵抗  $180 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ )、及び、Ta (比抵抗  $180 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) を設けた以外は実施例 13 と同様であった場合である。実施例 13~18 におけるヒータのシート抵抗のバラツキは、順に、4.5、2.5、1.8、1.4、0.2、0.2% となった。これらの結果を図 14 に示す。

#### 【0089】

次に、比較例 4 は、発熱部 81 のヒータ層 80a として Mo (比抵抗  $16 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) を用い、キャップ層 80b を設けず、電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるヒータ層 80a の厚みが 10 nm ばらつき、ヒータ層 80a の厚みが 150 nm になったものとヒータ層 80a の厚みが 140 nm であるものが得られた場合である。このとき、シート抵抗のバラツキは 7.1% となる。

#### 【0090】

これに対し、実施例 19 では、比較例 4 と同じヒータ層 80a を 150 nm 設けるのに加えて、キャップ層 80b として、Ni 80 wt %、Fe 20 wt % の NiFe に Nb を 2 wt % 添加した NiFeNb (比抵抗  $32 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) を設け、電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるキャップ層 80b の厚みが 10 nm ばらつき、キャップ層の 80b の厚みが 20 nm であるものと 10 nm であるものとが得られた場合である。また、実施例 20~24 は、キャップ層 80b の材料として、各々、Ni 80 wt %、Fe 20 wt % の NiFe に Nb を 5 wt % 添加した NiFeNb (比抵抗  $45 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ )、Ni 80 wt %、Fe 20 wt % の NiFe に Nb を 7 wt % 添加した NiFe

eNb (比抵抗  $60 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、ヒータ層の比抵抗の 3.8 倍に対応)、Ni80wt%、Fe20wt%のNiFeにNbを12wt%添加したNiFeNb (比抵抗  $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、ヒータ層の比抵抗の 5.0 倍に対応)、Ti (比抵抗  $180 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ )、及び、Ta (比抵抗  $180 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) を設けた以外は実施例 19 と同様にした場合である。実施例 19～24 におけるヒータのシート抵抗のバラツキは、順に、3.2、2.4、1.5、1.3、0.6、0.6% となった。これらの結果を図 15 に示す。

#### 【0091】

次に、比較例 5 は、発熱部 81 のヒータ層 80a としてRh (比抵抗  $17.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) を用い、キャップ層 80b を設けず、電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるヒータ層 80a の厚みが 10nm ばらつき、ヒータ層 80a の厚みが 150nm になったものとヒータ層 80a の厚みが 140nm であるものが得られた場合である。このとき、シート抵抗のバラツキは 7.1% となる。

#### 【0092】

これに対し、実施例 25 は、比較例 5 と同じヒータ層 80a を 150nm 設けるのに加えて、キャップ層 80b として、Ni80wt%、Fe20wt%のNiFeにNbを2wt%添加したNiFeNb (比抵抗  $32 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) を設け、電極膜 120 を除去する工程において、電極膜 120 と共に除去されるキャップ層 80b の厚みが 10nm ばらつき、キャップ層の 80b の厚みが 20nm であるものと 10nm であるものが得られた場合である。また、実施例 26～30 は、キャップ層 80b の材料として、各々、Ni80wt%、Fe20wt%のNiFeにNbを5wt%添加したNiFeNb (比抵抗  $45 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ )、Ni80wt%、Fe20wt%のNiFeにNbを10wt%添加したNiFeNb (比抵抗  $70 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、ヒータ層の比抵抗の 4 倍に対応)、Ni80wt%、Fe20wt%のNiFeにNbを15wt%添加したNiFeNb (比抵抗  $95 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ )、Ti (比抵抗  $180 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ )、及び、Ta (比抵抗  $180 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) を設けた以外は実施例 25 と同様にした場合である。実施例 25～30 におけるヒータのシート抵抗のバラツキは、順に、3.6、2.5、

1. 7、1. 2、0. 6、0. 6%となった。これらの結果を図16に示す。

#### 【0093】

次に、比較例6は、発熱部81のヒータ層80aとしてCo90wt%、Fe10wt%のCoFe（比抵抗 $20\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ）を用い、キャップ層80bを設けず、電極膜120を除去する工程において、電極膜120と共に除去されるヒータ層80aの厚みが10nmばらつき、ヒータ層80aの厚みが130nmになったものとヒータ層80aの厚みが120nmであるものが得られた場合である。このとき、シート抵抗のバラツキは8. 4%となる。

#### 【0094】

これに対し、実施例31は、比較例6と同じヒータ層80aを130nm設けるのに加えて、キャップ層80bとして、Ni80wt%、Fe20wt%のNiFeにNbを5wt%添加したNiFeNb（比抵抗 $45\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ）を設け、電極膜120を除去する工程において、電極膜120と共に除去されるキャップ層80bの厚みが10nmばらつき、キャップ層の80bの厚みが20nmであるものと10nmであるものとが得られた場合である。また、実施例32～36では、キャップ層80bの材料として、各々、Ni80wt%、Fe20wt%のNiFeにNbを10wt%添加したNiFeNb（比抵抗 $70\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ）、Ni80wt%、Fe20wt%のNiFeにNbを12wt%添加したNiFeNb（比抵抗 $80\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、ヒータ層の比抵抗の4. 0倍に対応）、Ni80wt%、Fe20wt%のNiFeにNbを15wt%添加したNiFeNb（比抵抗 $95\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ）、Ti（比抵抗 $180\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ）、及び、Ta（比抵抗 $180\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ）を設けた以外は実施例31と同様にした場合である。実施例31～36におけるヒータのシート抵抗のバラツキは、順に、3. 3、2. 1、1. 9、1. 6、0. 8、0. 8%となった。これらの結果を図17に示す。

#### 【0095】

上述のデータより明らかなように、ヒータ層80aの上にヒータ層80aの比抵抗よりも高いキャップ層80bを設けることにより、ヒータ部材80の発熱部81のバラツキが低減されることが明らかにされた。また、キャップ層80bの

比抵抗をヒータ層 80a よりも大きくする程バラツキが低減され、特に、キャップ層 80b の比抵抗をヒータ層の比抵抗の 4 倍以上にすると、バラツキを 2.0 %以下にすることができることが明らかにされた。

#### 【0096】

以上、本発明者らによってなされた発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

#### 【0097】

例えば、上記実施形態では、電極膜部材 87a, 87b は、ヒータ部材 80 の引出電極 85a、85b 上に積層されているが、例えば、キャップ層 80b と同等の材料の導電層を介して引出電極 85a、85b と電氣的に接続されていても良い。

#### 【0098】

ヒータ部材 80 の位置は上記実施形態に限られず、例えば、アンダーコート層 113 や、絶縁層 72 等、任意の位置に設けることができる。また、2 つ以上のヒータ部材 80 を有していても良い。また、ヒータ部材 80 の ABS 面 S 側からの距離も限定されない。さらに、ヒータ部材 80 の導電路の形状も限定されない。

#### 【0099】

また、ヒータ部材 80 の発熱部 81 のキャップ層 80b は、ヒータ層 80a よりも比抵抗の高いものであればよく、例えば、アルミナ等の絶縁体を用いてもよい。

#### 【0100】

また、ヒータ部材 80 に流す電流の量等によっては、ヒータ部材 80 を軟磁性を含むシールド層で覆っても良く、これによれば、ヒータ部材 80 からの磁界が漏洩した場合でも、記録ヘッド部 60 や再生ヘッド部 30 に悪影響を及ぼすことを防止できる。

#### 【0101】

さらに、再生ヘッド部 30 において、GMR 素子 40 の代わりに、異方性磁気抵抗効果を利用する AMR (Anisotropy Magneto Resistive) 素子、トンネル接

合で生じる磁気抵抗効果を利用する TMR (Tunnel-type Magneto Resistive) 素子、さらに、CPP (Current Perpendicular to Plane) - GMR 素子等の他の MR 素子を利用してもよい。また、薄膜磁気ヘッドを面内記録方式ではなく、垂直記録方式としてもよい。

#### 【0102】

また、図2においては、記録ヘッド部60やGMR素子40を含む薄膜磁気ヘッド10が、スライダ11の先端部の内、トラックラインと直交するトラック幅方向の一方側の端部に設けられているが、他方側の端部でも、トラック幅方向の中央部に設けられていてもよく、要は、薄膜磁気ヘッド10が、スライダ11でABS面Sに臨む位置に設けられていれば良い。

#### 【0103】

また、図2において、ヒータ用パッド86a, 86bは、記録用パッド18a, 18bと再生用パッド19a, 19bとに挟まれるように配置されているが、これに限られず、任意の配置が可能である。

#### 【0104】

##### 【発明の効果】

上述のように、本発明によれば、比抵抗の低いヒータ層及びこれに比べて比抵抗の高いキャップ層とを含み通電されることにより発熱するヒータを設けるので、ヒータが発熱して薄膜磁気ヘッドが熱膨張し、磁気抵抗効果素子や電磁変換素子と、記録媒体と、の距離が低減される。また、ヒータがヒータ層とキャップ層とを有するので、電極膜の除去時にはヒータのうちの比抵抗の高いキャップ層の一部が電極膜とともに除去されることとなり、ヒータ全体のシート抵抗値のバラツキが低減される。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明に係るハードディスク装置の一実施形態を示す斜視図である。

#### 【図2】

ヘッドスライダを示す斜視図である。

#### 【図3】

本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドを示す断面図である。

【図 4】

本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドのヒータを示す平面図である。

【図 5】

図 3 の薄膜磁気ヘッドの V-V 断面図である。

【図 6】

本実施形態にかかる薄膜磁気ヘッドが熱膨張している様子を示す模式図である。

【図 7】

本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す図である。

【図 8】

図 7 の V I I I - V I I I 断面図である。

【図 9】

本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す図 8 に続く図である。

【図 10】

本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す図 9 に続く図である。

【図 11】

本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す図 10 に続く図である。

【図 12】

比較例 1 及び実施例 1 ～ 6 を示す図表である。

【図 13】

比較例 2 及び実施例 7 ～ 12 を示す図表である。

【図 14】

比較例 3 及び実施例 13 ～ 18 を示す図表である。

【図 15】

比較例 4 及び実施例 19 ～ 24 を示す図表である。

【図 16】

比較例 5 及び実施例 25 ～ 30 を示す図表である。

【図 17】



比較例 6 及び実施例 3 1 ～ 3 6 を示す図表である。

【符号の説明】

1 …ハードディスク装置、2 …ハードディスク（記録媒体）、1 0 …薄膜磁気ヘッド、1 1 a …基台、1 2 …ジンバル、4 0 …GMR 素子（磁気抵抗効果素子）、6 0 …記録ヘッド部（電磁変換素子）、2 1 …オーバーコート層、8 0 …ヒータ部材、8 0 a …ヒータ層、8 0 b …キャップ層、8 4 a, 8 4 b …バンプ、8 5 a、8 5 b …引出電極（露出部）、8 7 a, 8 7 b …電極膜部材、1 2 0 …電極膜、1 5 …ヘッドジンバルアセンブリ。

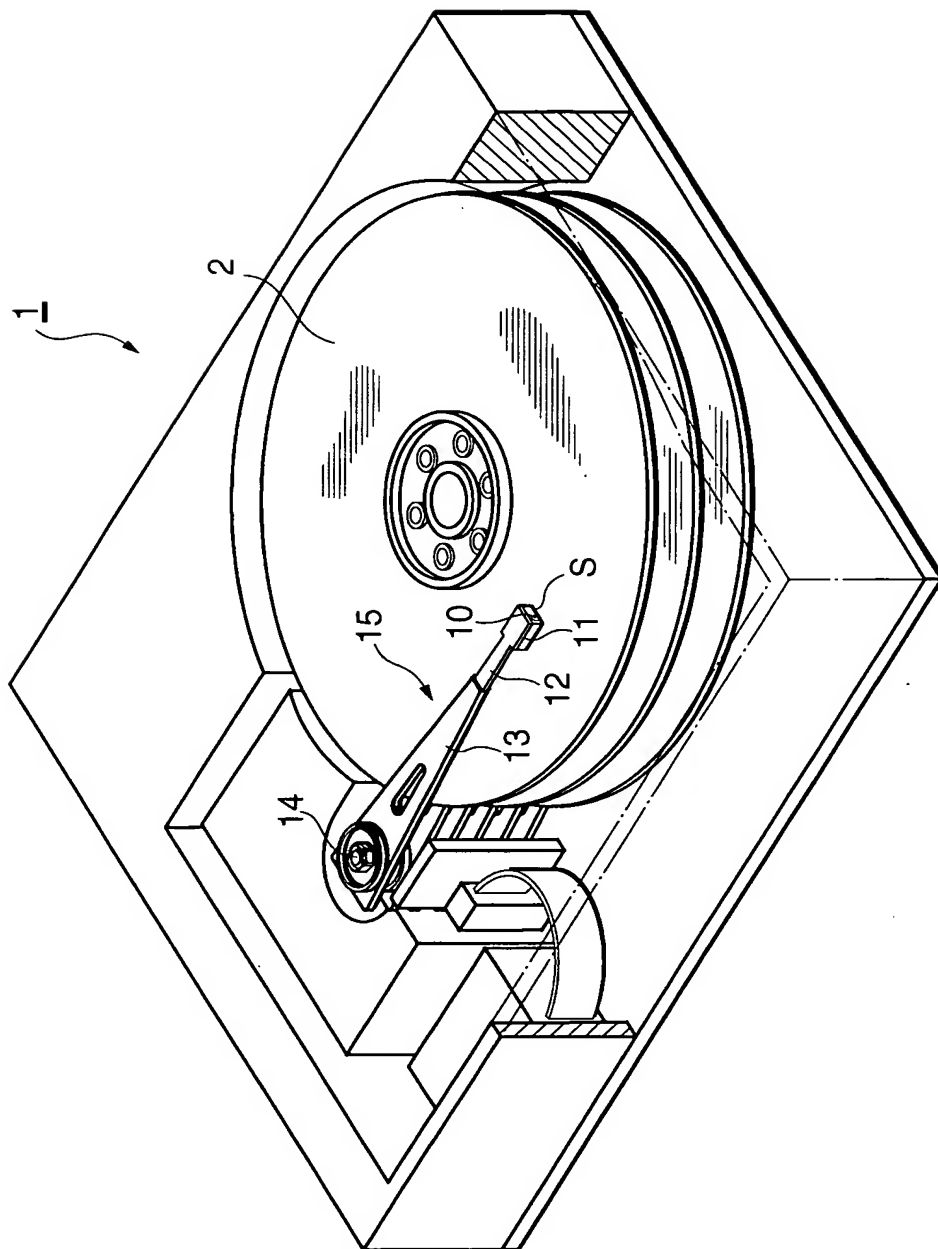




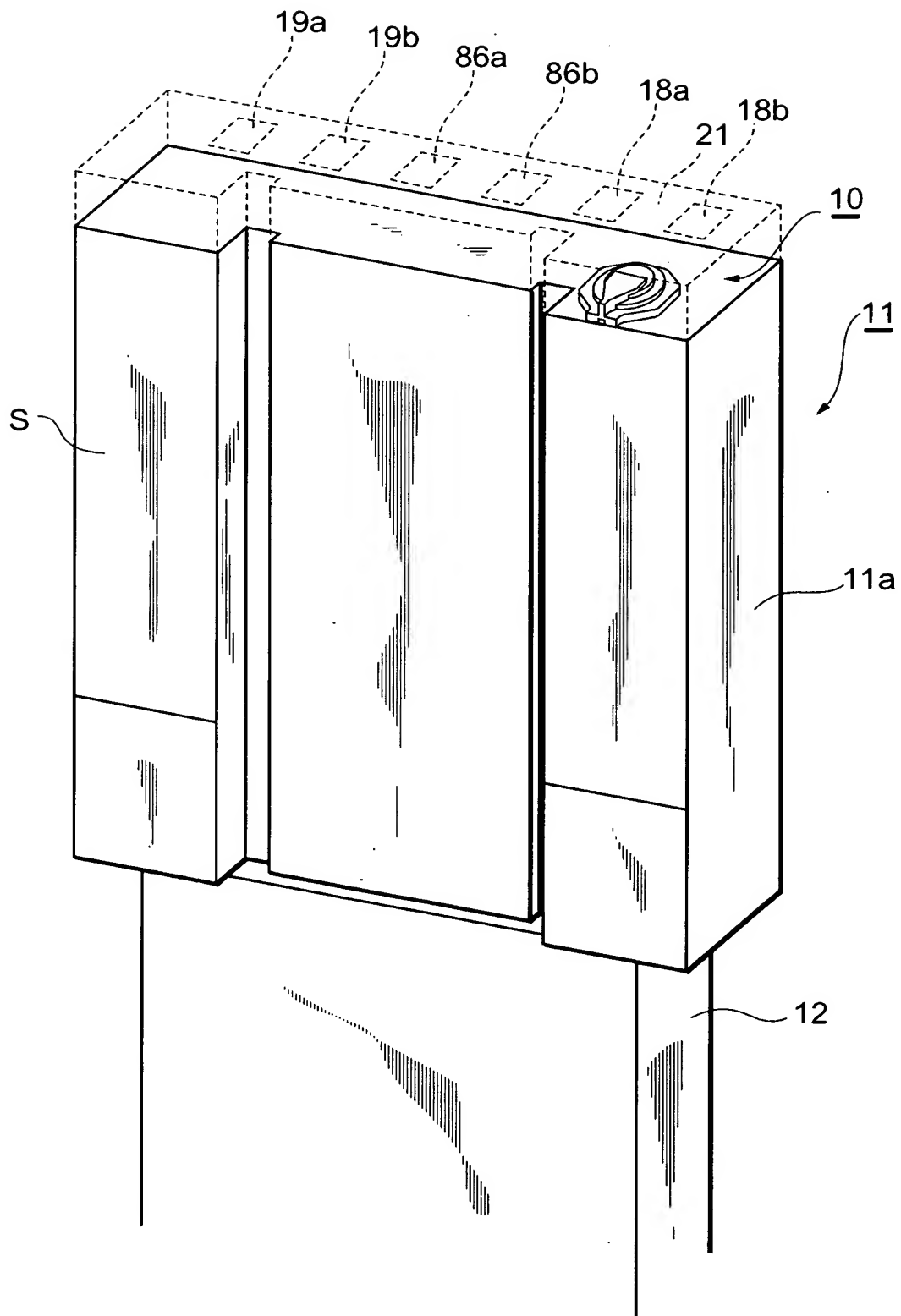
【書類名】

図面

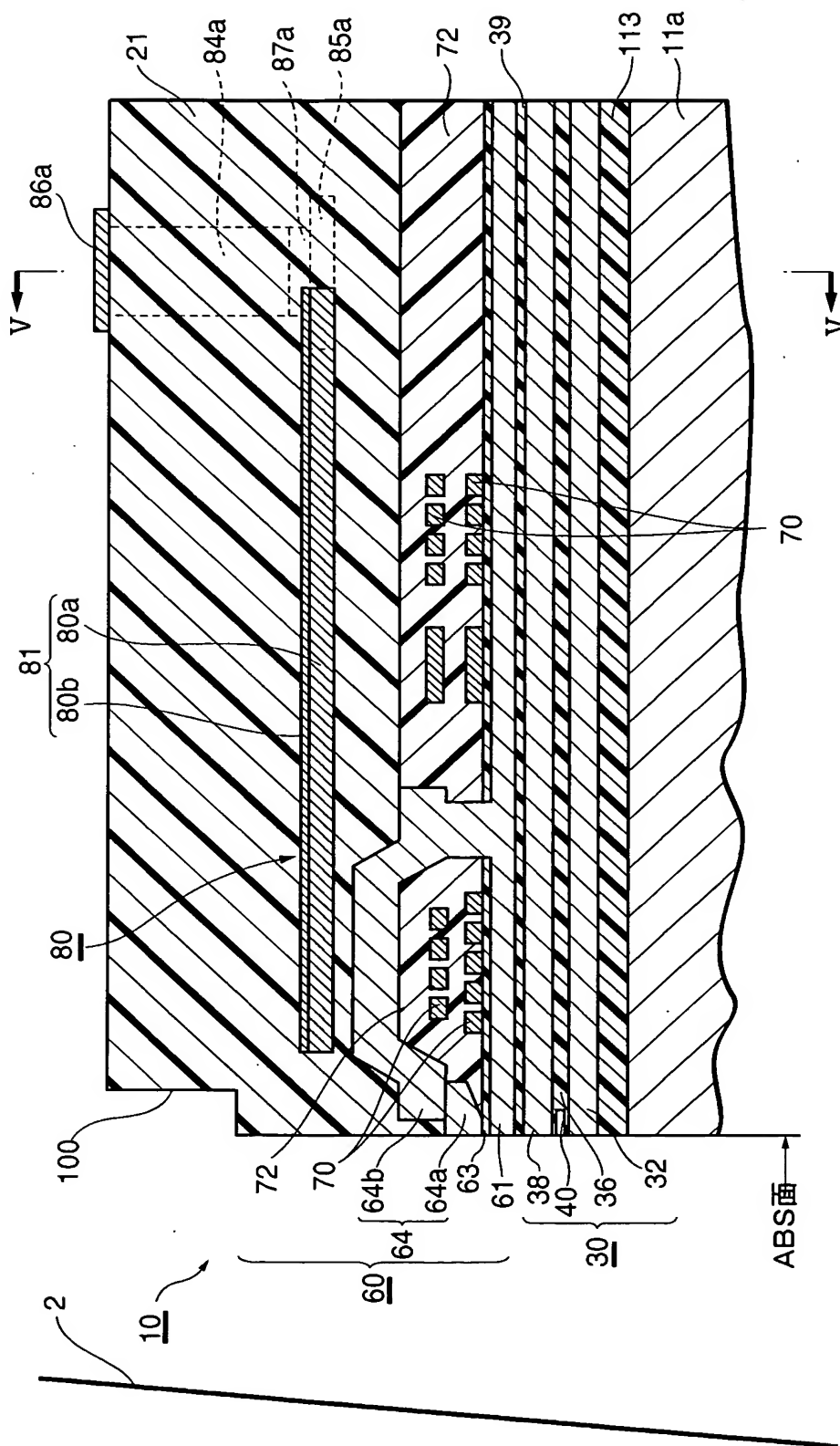
【図 1】



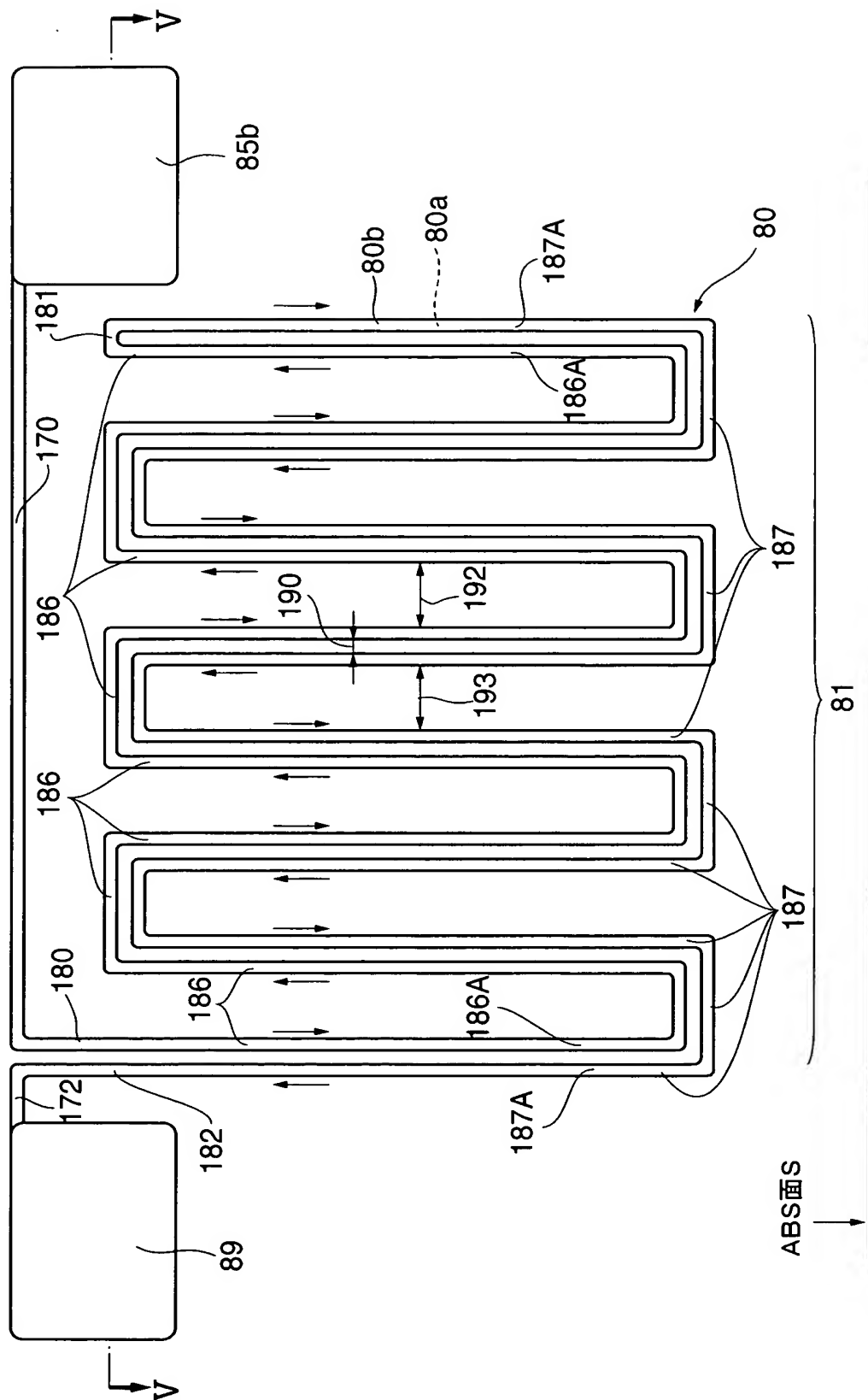
【図 2】



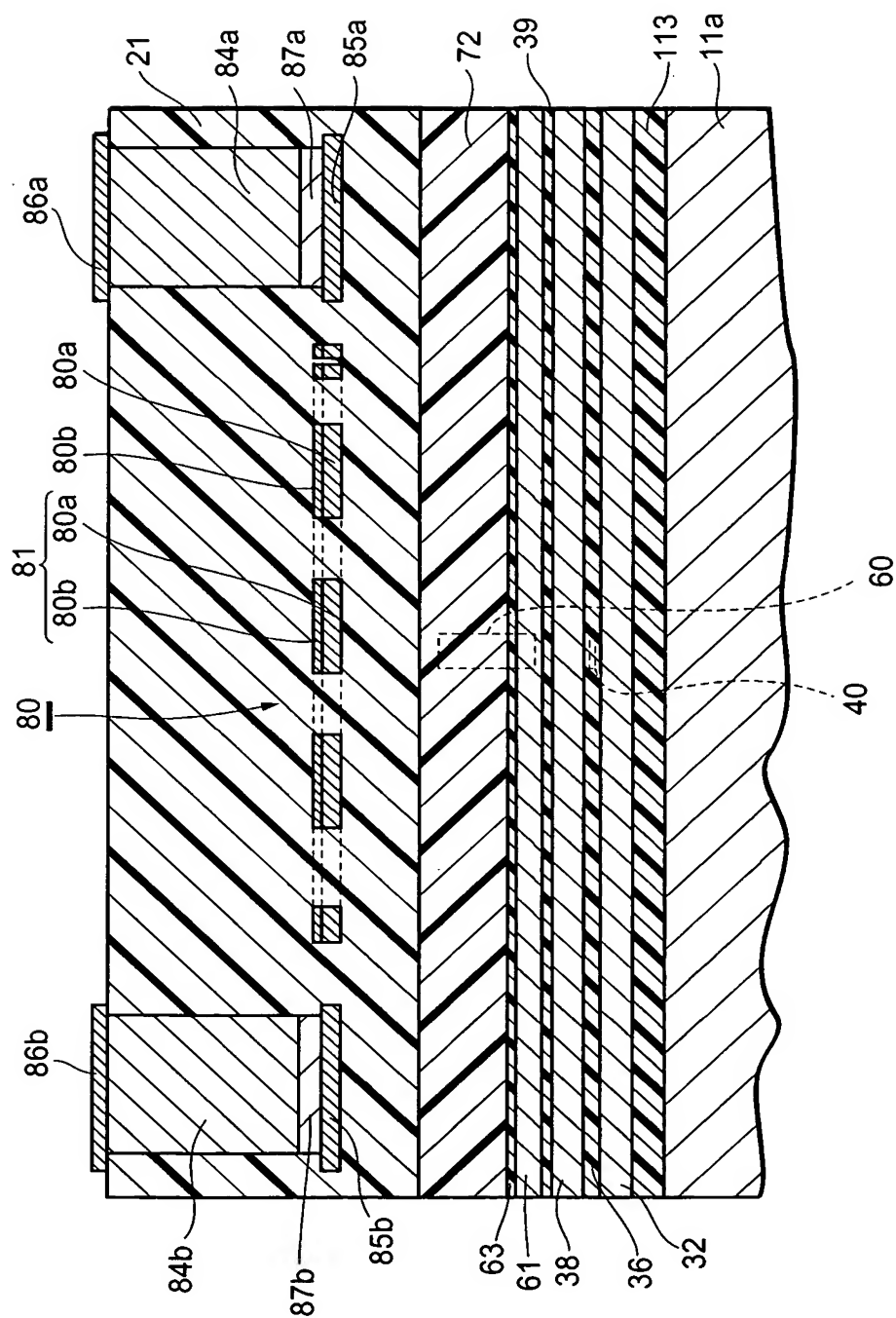
【図 3】



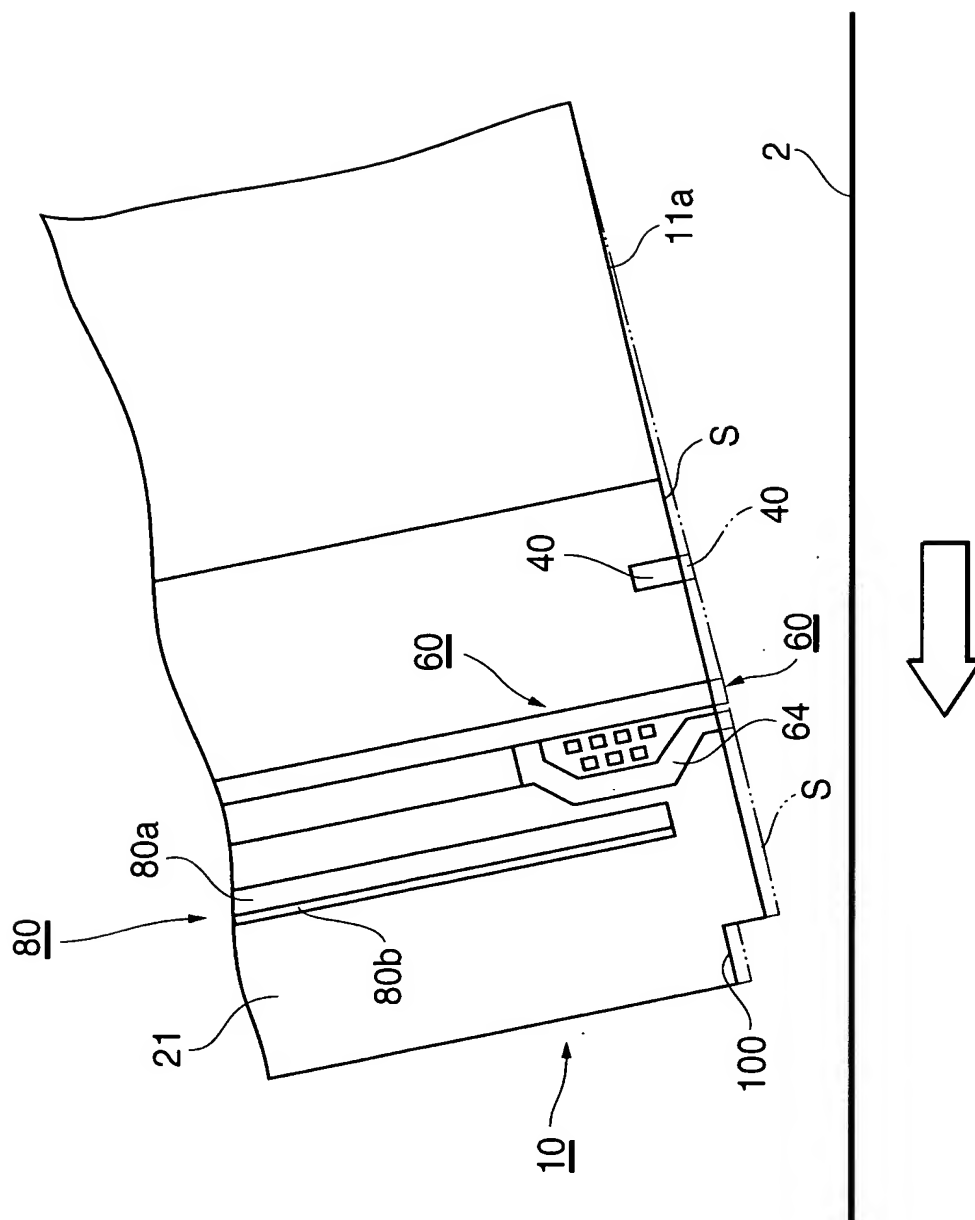
【圖 4】



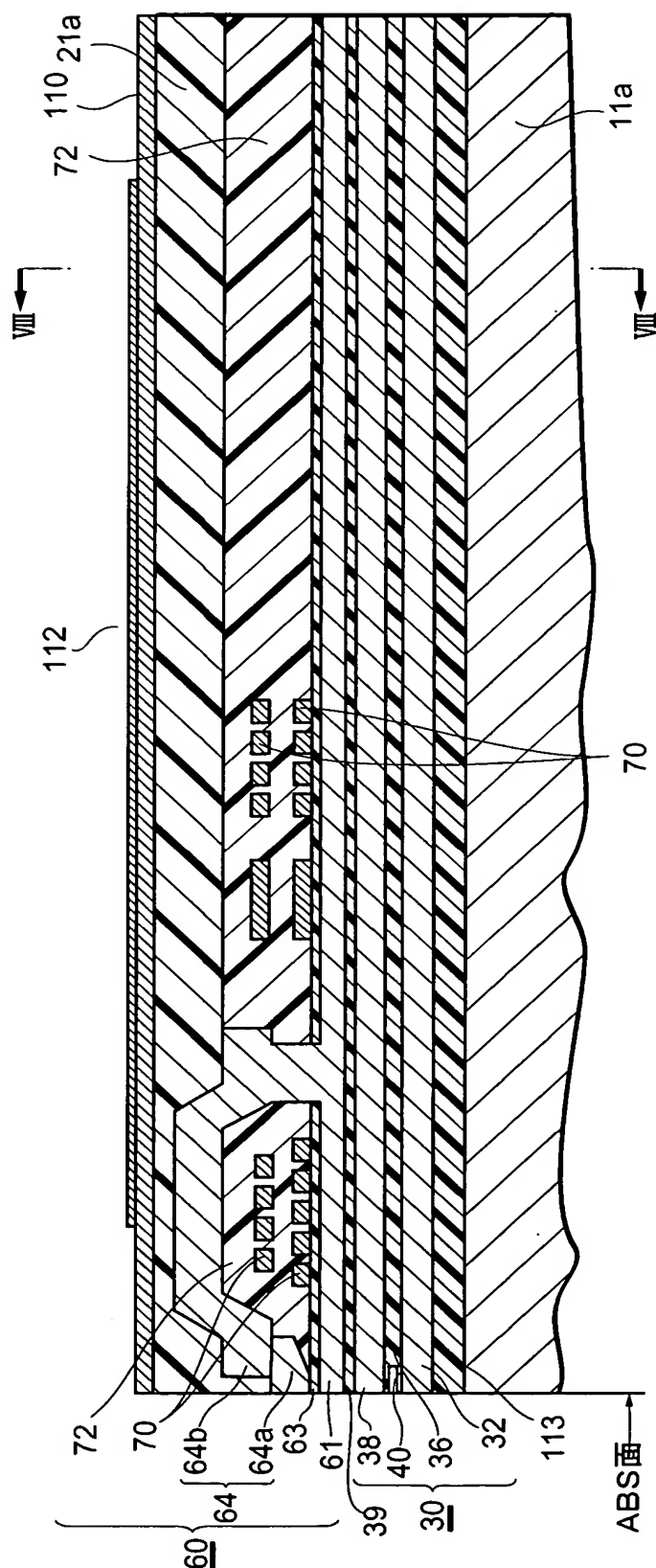
【図 5】



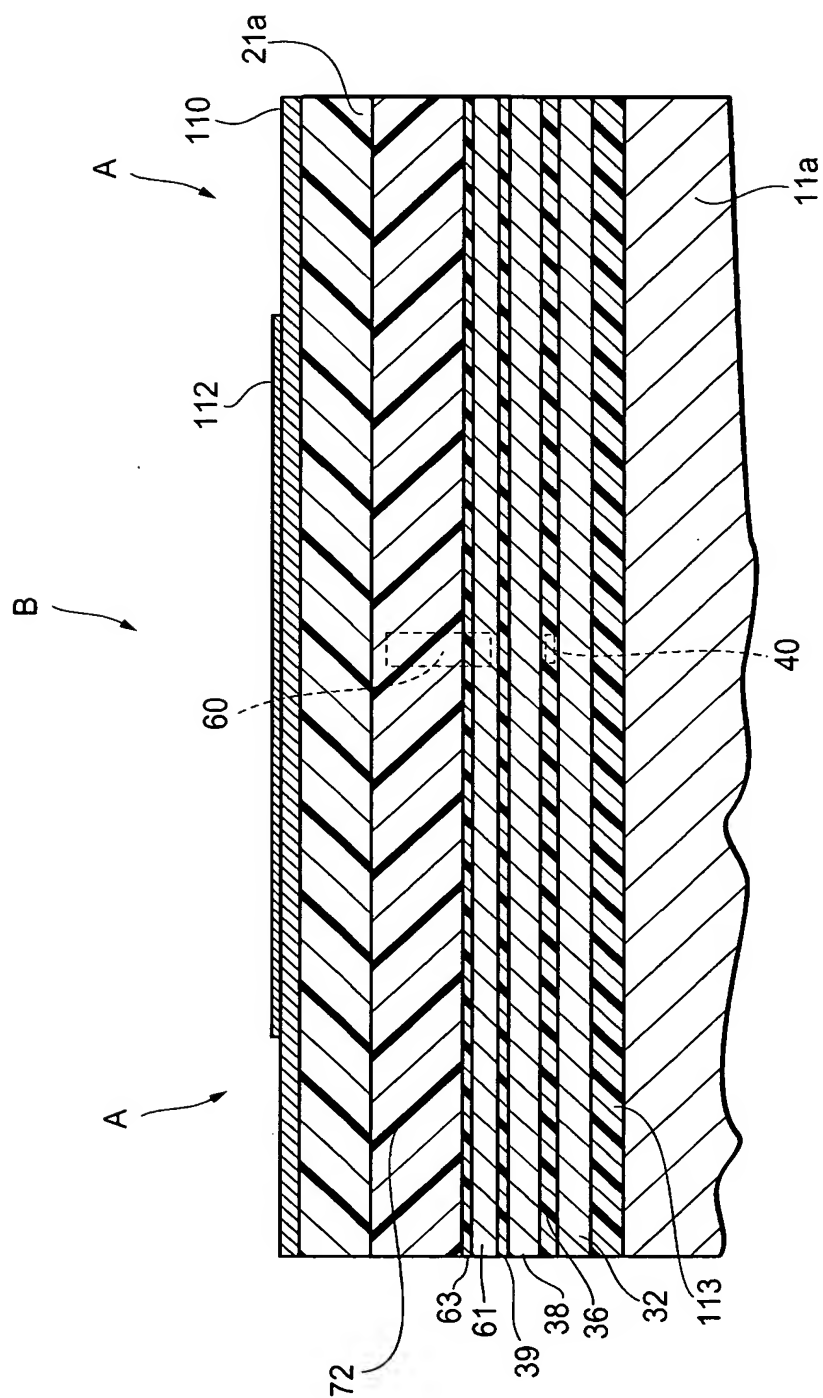
【図 6】



【図 7】

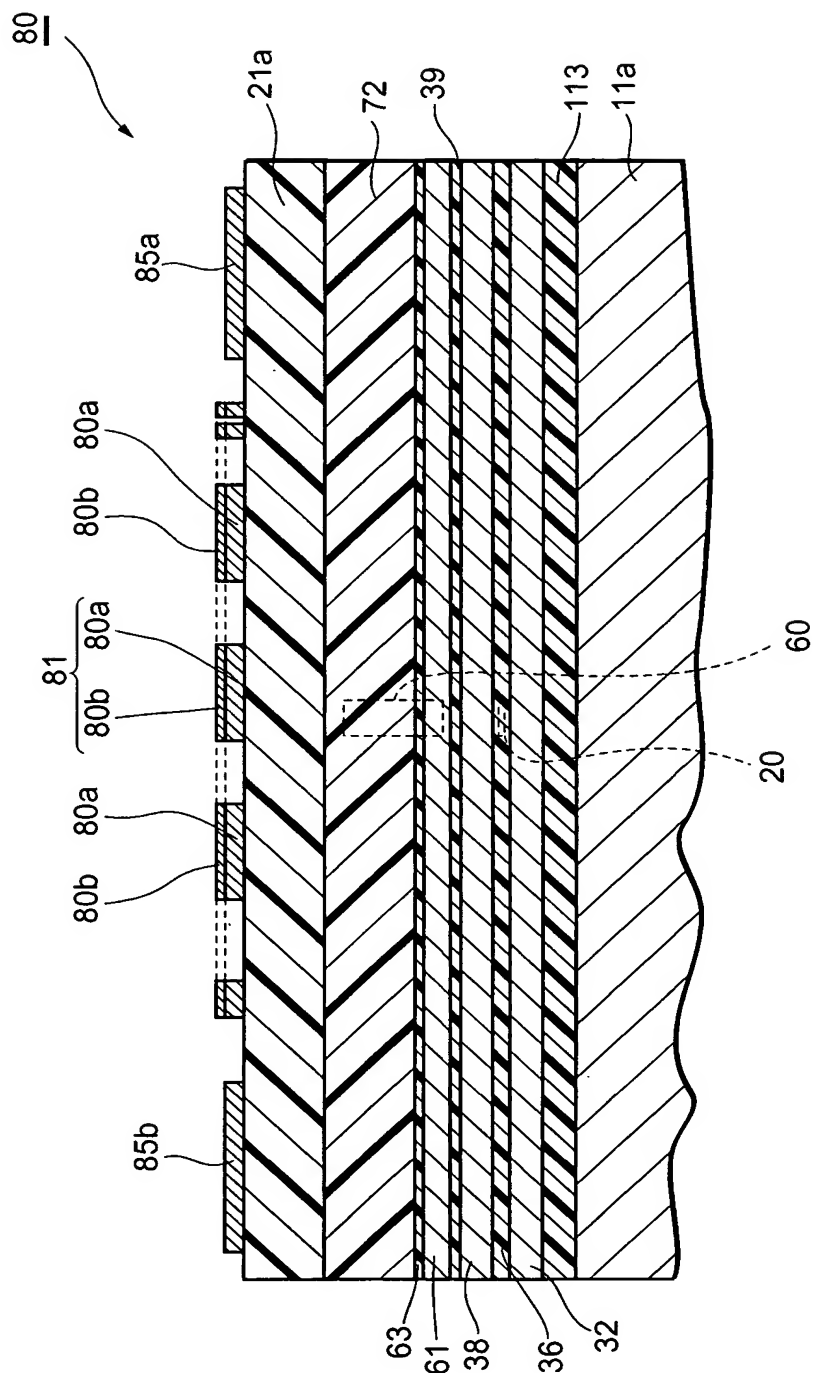


【図 8】

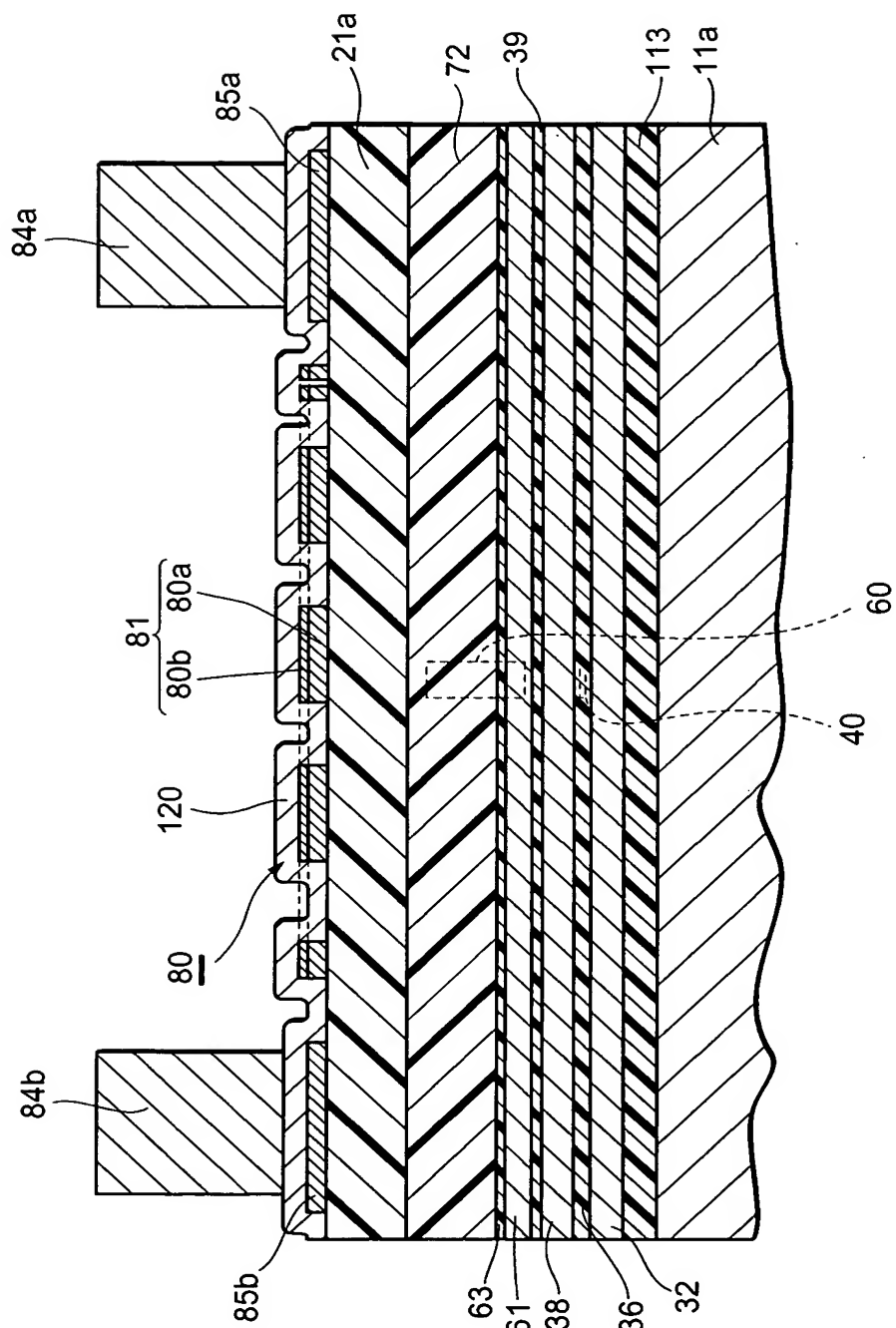




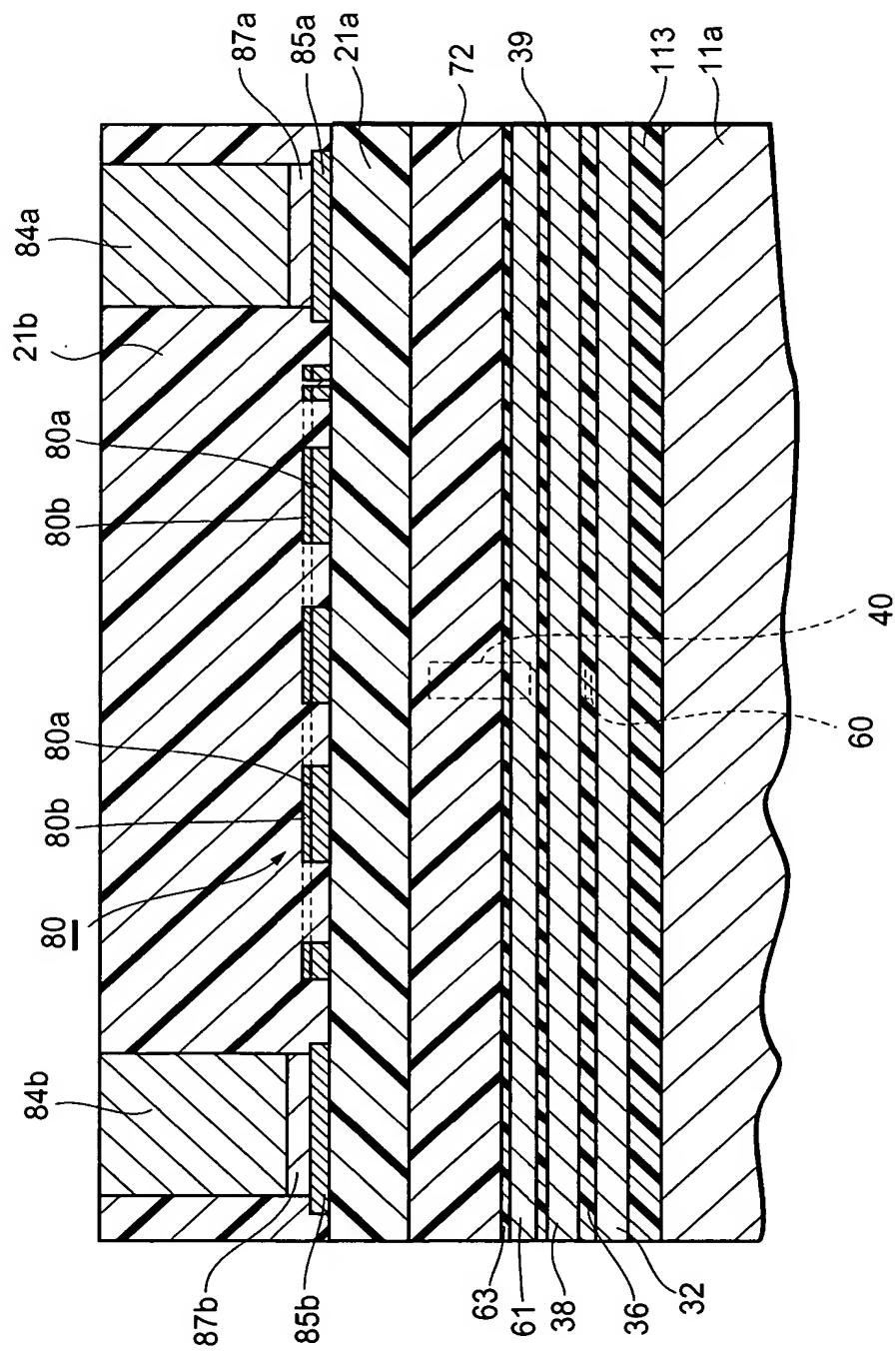
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

	第一層材料	第一層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第二層材料	第二層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第一層材料の比抵抗に対する第二層材料の比率[-]	第一層厚み [nm]	第二層厚み [nm]	ヒータのシート抵抗 [ $\Omega$ ]	シートの抵抗バ ラツキ[%]
比較例1	NiFe	23	-	-	-	150 140	-	1.533 1.643	7.2
実施例1	NiFe	23	NiFeNb (Nb5wt%)	45	2.0	150	20 10	1.436 1.483	3.3
実施例2	NiFe	23	NiFeNb (Nb10wt%)	70	3.0	150	20 10	1.469 1.500	2.1
実施例3	NiFe	23	NiFeNb (Nb14wt%)	90	3.9	150	20 10	1.485 1.509	1.6
実施例4	NiFe	23	NiFeNb (Nb20wt%)	120	5.2	150	20 10	1.495 1.514	1.3
実施例5	NiFe	23	Ti	180	7.8	150	20 10	1.508 1.520	0.8
実施例6	NiFe	23	Ta	180	7.8	150	20 10	1.508 1.520	0.8

【図 13】

	第一層材料	第一層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第二層材料	第二層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第一層材料の比抵抗に対する第二層材料の比抵抗の比率[-]	第一層厚み [nm]	第二層厚み [nm]	ヒータのシート抵抗 [ $\Omega$ ]	シートの抵抗バ ラツキ[%]
比較例2	Cu	3	-	-	-	120 110	-	0.250 0.273	9.2
実施例7	Cu	3	AuCu (Cu 5at%)	7.5	2.5	120	20 10	0.231 0.240	3.9
実施例8	Cu	3	AuNi (Ni 5at%)	10.5	3.5	120	20 10	0.238 0.244	2.5
実施例9	Cu	3	AuNi (Ni 7at%)	12	4.0	120	20 10	0.240 0.2449	2.0
実施例10	Cu	3	AuNi (Ni 10at%)	15	5.0	120	20 10	0.242 0.246	1.7
実施例11	Cu	3	NiFe	23	7.7	120	20 10	0.245 0.247	0.8
実施例12	Cu	3	CoFe	20	6.7	120	20 10	0.244 0.247	1.2

【図14】

	第一層材料	第一層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第二層材料	第二層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第一層材料の比抵抗に対する第二層材料の比抵抗の比率[-]	第一層厚み [nm]	第二層厚み [nm]	ヒータのシート抵抗 [ $\Omega$ ]	シート抵抗バ ラツキ[%]
比較例3	Au	3.5	-	-	-	120 110	-	0.292 0.318	8.9
実施例13	Au	3.5	AuCu (Cu 5at%)	7.5	2.1	120	20 10	0.266 0.278	4.5
実施例14	Au	3.5	AuCu (Cu 10at%)	10	2.9	120	20 10	0.276 0.283	2.5
実施例15	Au	3.5	AuCu (Cu 20at%)	14	4.0	120	20 10	0.281 0.286	1.8
実施例16	Au	3.5	AuNi (Ni 15at%)	20	5.7	120	20 10	0.283 0.287	1.4
実施例17	Au	3.5	Ti	180	51.0	120	20 10	0.2907 0.2912	0.2
実施例18	Au	3.5	Ta	180	51.0	120	20 10	0.2907 0.2912	0.2

【図 15】

	第一層材料	第一層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第二層材料	第二層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第一層材料の比抵抗に対する第二層材料の比抵抗の比率[-]	第一層厚み [nm]	第二層厚み [nm]	ヒータのシート抵抗 [ $\Omega$ ]	シート抵抗バ ラツキ[%]
比較例4	Mo	16	-	-	-	150 140	-	1.067 1.143	7.1
実施例19	Mo	16	NiFeNb (Nb 2wt%)	32	2.0	150	20 10	1.000 1.032	3.2
実施例20	Mo	16	NiFeNb (Nb 5wt%)	45	2.8	150	20 10	1.018 1.042	2.4
実施例21	Mo	16	NiFeNb (Nb 7wt%)	60	3.8	150	20 10	1.035 1.051	1.5
実施例22	Mo	16	NiFeNb (Nb 12wt%)	80	5.0	150	20 10	1.039 1.053	1.3
実施例23	Mo	16	Ti	180	11.3	150	20 10	1.054 1.060	0.6
実施例24	Mo	16	Ta	180	11.3	150	20 10	1.054 1.060	0.6

【図 16】

	第一層材料	第一層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第二層材料	第二層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第一層材料に対する第二層材料の比抵抗の比率[-]	第一層厚み [nm]	第二層厚み [nm]	ヒータのシート抵抗 [ $\Omega$ ]	シートの抵抗バ ラツキ[%]
比較例5	Rh	17.5	-	-	-	150 140	-	1.167 1.250	7.1
実施例25	Rh	17.5	NiFeNb (Nb 2wt%)	32	1.8	150	20 10	1.087 1.126	3.6
実施例26	Rh	17.5	NiFeNb (Nb 5wt%)	45	2.6	150	20 10	1.109 1.137	2.5
実施例27	Rh	17.5	NiFeNb (Nb 10wt%)	70	4.0	150	20 10	1.129 1.148	1.7
実施例28	Rh	17.5	NiFeNb (Nb 15wt%)	95	5.4	150	20 10	1.139 1.153	1.2
実施例29	Rh	17.5	Ti	180	10.3	150	20 10	1.152 1.159	0.6
実施例30	Rh	17.5	Ta	180	10.3	150	20 10	1.152 1.159	0.6



【図 17】

	第一層材料	第一層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第二層材料	第二層材料の比抵抗 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	第一層材料の比抵抗に対する第二層材料の比抵抗の比率[-]	第一層厚み [nm]	第二層厚み [nm]	ヒータのシート抵抗 [ $\Omega$ ]	シート抵抗バランスキ[%]
比較例6	CoFe	20	-	-	-	130 120	-	1.538 1.667	8.4
実施例31	CoFe	20	NiFeNb (Nb 5wt%)	45	2.3	130	20 10	1.440 1.488	3.3
実施例32	CoFe	20	NiFeNb (Nb 10wt%)	70	3.5	130	20 10	1.474 1.505	2.1
実施例33	CoFe	20	NiFeNb (Nb 12wt%)	80	4.0	130	20 10	1.481 1.509	1.9
実施例34	CoFe	20	NiFeNb (Nb 15wt%)	95	4.8	130	20 10	1.490 1.514	1.6
実施例35	CoFe	20	Ti	180	9.0	130	20 10	1.513 1.525	0.8
実施例36	CoFe	20	Ta	180	9.0	130	20 10	1.513 1.525	0.8

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子や磁気抵抗効果素子と、記録媒体と、の間隔をより微少にすることのできる薄膜磁気ヘッドの製造方法、薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ、及びハードディスク装置の提供。

【解決手段】 比抵抗の低いヒータ層 80a と比抵抗の高いキャップ層 80b とを含むヒータ部材 80 を設け、その上に導電性の電極膜 120 を形成し、その上にめっきにより導電性のバンプ 84a, 84b を形成し、バンプ 84a, 84b をマスクとして不要な電極膜 120 を除去する。ヒータ部材 80 が発熱し薄膜磁気ヘッド 10 が熱膨張するので、磁気抵抗効果素子 40 や電磁変換素子 60 と、記録媒体 2 と、の距離が低減される。また、電極膜 120 の除去時にはヒータ部材 80 のうちの比抵抗の高いキャップ層 80b の一部が電極膜 120 とともに除去され、ヒータ部材 80 全体の抵抗値のバラツキが低減される。

【選択図】 図 10

特願 2 0 0 3 - 0 6 7 2 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 0 6 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号

氏 名

ティーディーケイ株式会社

2. 変更年月日

2 0 0 3 年 6 月 2 7 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号

氏 名

T D K 株式会社